

**Francisco de Assis Caire Mettrau**

**A INFLUÊNCIA DO *FEEDBACK* ESTRUTURADO SOBRE A  
CURVAS DE APRENDIZADO DE HABILIDADES EM  
ULTRASSONOGRAFIA APLICADA À ANESTESIA REGIONAL**

Dissertação submetida ao programa de  
Pós-graduação em Ciências Médicas  
da Universidade Federal de Santa Ca-  
tarina como requisito para obtenção do  
grau de Mestre em Ciências Médicas.  
Orientador: Prof. Dr. Getúlio Ro-  
drigues de Oliveira Filho

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mettrau, Francisco de Assis Caire

A influência do feedback estruturado sobre a curvas de  
aprendizado de habilidades em ultrassonografia aplicada à  
anestesia regional / Francisco de Assis Caire Mettrau ;  
orientador, Getúlio Rodrigues de Oliveira Filho -  
Florianópolis, SC, 2017.

55 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós  
Graduação em Ciências Médicas-Novo.

Inclui referências

1. Ciências Médicas-Novo. 2. Feedback. 3. Curvas de  
Aprendizado. 4. Habilidades Básicas com Ultrassonografia.  
I. Oliveira Filho, Getúlio Rodrigues de. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Médicas-Novo. III. Título.

**Francisco de Assis Caire Mettrau**

**A influência do *feedback* estruturado sobre a curvas de aprendizado de habilidades em ultrassonografia aplicada à anestesia regional.**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Ciências Médicas, e aprovada em sua forma final pelo Programa Pós-graduação em Ciências Médicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis ..... de .....de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Sherlley Casimiro Onofre  
Coordenador do Curso  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Orientador: Prof. Dr. Getúlio Rodrigues de Oliveira Filho  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Marlene de Souza Pires  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Fernando Osni Machado  
Universidade Federal de Santa Catarina



## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu professor e orientador, Dr. Getúlio Rodrigues de Oliveira Filho. Há mais de 20 anos eu o tenho como exemplo de profissional. Fui seu residente de anestesia e tive a sorte imensa de conseguir tê-lo novamente como meu orientador no mestrado. Sua paixão pelo ensino, seu rigor nas pesquisas, sua disponibilidade nos momentos mais incomuns e sua paciência foram uma inspiração para mim de diversas maneiras. Obrigado por sua orientação que me permitiu alcançar uma qualidade muito acima da que supunha ser capaz. Gostaria também de agradecer aos membros da banca, professora Maria Marlene, professor Fernando e professor Alexandre, por aceitarem o convite e por tornar o momento da minha defesa uma ocasião memorável. Seus comentários e sugestões, além de muito relevantes, me fizeram sentir valorizado, conferindo um tempero especial à ocasião. Também gostaria de agradecer ao professor e grande amigo Marcos Machado, que cedeu muito do seu tempo para me ajudar em diversas etapas e me encorajou a lutar pelo meu objetivo. Por fim, gostaria de expressar meu apreço a minha amada esposa, Emília, e minha adorada filha, Nancy, que me apoiaram incondicionalmente e cederam preciosos momentos de convívio para que eu atingisse este intuito.



## RESUMO

**Introdução:** O *feedback* é a avaliação construtiva e objetiva do desempenho dado para melhorar as habilidades (1). Sua aplicação relaciona-se a melhora do desempenho, podendo acelerar as curvas de aprendizado (2).

A introdução da ultrassonografia para auxiliar a realização de anestésias regionais fez surgir novas habilidades básicas necessárias à execução desse procedimento, entre elas, o alinhamento da agulha ao feixe de ultrassom durante sua progressão e a correta identificação, localização e abordagem do alvo. O papel do *feedback* durante o aprendizado dessas habilidades ainda não foi estabelecido.

**Objetivos:** Avaliar a influência do *feedback* estruturado sobre as curvas de aprendizado de habilidades em anestesia regional com auxílio de ultrassonografia, em modelos biológicos inanimados (*phantoms*).

**Materiais e métodos:** Participaram deste estudo estudantes de medicina do último ano, médicos residentes e especialistas. Os participantes foram aleatoriamente separados em dois grupos, diferenciados pela aplicação ou não de *feedback* estruturado durante as seções de treinamento em ambiente de simulação com um *phantom*. Duas tarefas precisaram ser completadas: experimento 1- avançar a agulha dentro do modelo mantendo a imagem da agulha na tela de ultrassom e experimento 2- atingir um alvo dentro do modelo com a agulha mantendo a sua visualização e, em seguida, injetar líquido em sua vizinhança. Os participantes realizaram um total de 26 ensaios em cada experimento. Todos os participantes foram avaliados utilizando uma lista de verificação baseada na decomposição da tarefa, desenvolvida anteriormente ao estudo. Aos participantes atribuídos no grupo de *feedback* foi aplicado *feedback* estruturado, de acordo com sua avaliação pela lista de verificação, após cada ensaio. As imagens geradas foram gravadas e, posteriormente, avaliadas por dois avaliadores independentes com experiência em ultrassonografia, que desconheciam a que grupo pertenciam os vídeos e utilizaram, para pontuação, escores de qualidade de desempenho previamente estabelecidos para cada experimento. Com os resultados obtidos, das avaliações das imagens, foram feitas análises do ponto de mudança (*change-point*) e construíram-se modelos preditivos e curvas de aprendizado para ambos os grupos nos dois experimentos de acordo com o modelo matemático de Bush & Mosteller para a probabilidade de sucesso de 95% nas tentativas e avaliou-se o número de erros por tentativa em cada grupo e, por fim, a duração dos ensaios.

**Resultados:** Dos 52 participantes inicialmente convidados, houve perda de dados de 10 participantes no experimento 1 e 12 participantes no experimento 2, terminando com um total de 42 e 40 participantes para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

Os participantes que receberam *feedback* mostraram maior intervalo de aprendizagem e maiores taxas de sucesso quando analisados pelo ponto de mudança em relação aos sem *feedback*. As curvas de aprendizado descritas pelo modelo matemático de Bush e Mosteller apresentaram número previsto de testes necessários para alcançar proficiência significativamente menor no grupo de *feedback*, (37 e 43) versus (61 e 65) no grupo de controle. A mediana de erros do grupo de *feedback* foi menor que a do grupo de controle nos dois experimentos (12 e 7) versus (21 e 19) respectivamente.

**Conclusão:** A aplicação de *feedback* estruturado favorece o aprendizado dessas habilidades e diminui o número de erros por tentativa.

**Palavras-chave:** Feedback. Curvas de Aprendizado. Habilidades Básicas com Ultrassonografia.



## ABSTRACT

**Introduction:** Feedback is the constructive and objective evaluation of performance given to improve skills (1). Its application is related to the improvement of the performance, being able to accelerate the learning curves. The introduction of ultrasonography to assist in regional anesthesia gave rise to new basic skills necessary to perform this procedure, including the alignment of the needle to the ultrasound beam during its progression and the correct identification, location and approach of the target. The role of feedback while learning these skills is yet to be established.

**Objectives:** To evaluate the influence of structured feedback on skill learning curves of regional anesthesia with the aid of ultrasound in inanimate biological models.

**Materials and methods:** Senior medical students, resident physicians and specialists participated in this study. They were randomly separated into two groups, differentiated by the application or not of structured feedback during their training sessions in a simulation environment with a phantom. Two tasks needed to be completed: experiment 1- to advance the needle into the model while keeping the needle image on the ultrasound screen and experiment 2- to reach a target within the model with the needle maintaining its visualization and then injecting liquid into its vicinity. Participants performed a total of 26 trials in each experiment. All participants were assessed using a previously made checklist based on task decomposition. Participants assigned in the feedback group were given structured feedback, as assessed by the checklist, after each trial. Generated images were recorded and later evaluated by two independent evaluators with experience in ultrasonography, who did not know to which group belonged the videos and used a quality performance score previously established for scoring. With the results obtained, from image evaluations, *change-point* analyzes were done and predictive models and learning curves were constructed for both groups in the two experiments according to the Bush & Mosteller mathematical model for 95% success probability in attempts. The learning between groups was then compared in relation to the beginning, end and duration of the learning interval and resulting learning curves in each group were compared as well as prediction of the number of tests required for proficiency.

**Results:** From 52 participants initially convened, there was loss of data from 10 participants in experiment 1 and 12 participants in ex-

periment 2, ending with a total of 42 and 40 participants for experiments 1 and 2, respectively.

Predicted number of tests required to achieve proficiency was significantly lower in structured feedback group in both experiments, feedback group also presented fewer errors per attempt.

**Conclusion:** Structured feedback is a technique that assists in learning these skills. Students who received structured feedback showed superior performance in their learning curves compared to the control group.

**Keywords:** Feedback. Learning Curves. Ultrasound Basic Skills.

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curvas de aprendizado segundo o modelo de Bush e Mosteller – Alinhamento da agulha com o feixe de ultrassom nos grupos controle e intervenção.....43

Gráfico 2 – Curvas de aprendizado segundo o modelo de Bush e Mosteller – Alinhamento da agulha com o feixe de ultrassom e acertar o alvo nos grupos controle e intervenção .....44

### TABELAS

Tabela 1 – Dados demográficos. .... 45

Tabela 2 – Comparação entre grupos da análise dos parâmetros do ponto de mudança para tarefa de alinhamento da agulha ao feixe de ultrassom. .... 46

Tabela 3 – Comparação entre grupos da análise dos parâmetros do ponto de mudança para tarefa de acertar o alvo dentro do modelo. ... 46

### Quadros

Quadro 1 – Tabela de escores experimento 1..... 47

Quadro 2 – Tabela de escores experimento 2..... 47

### FLUXOGRAMA

Fluxograma 1 – CONSORT 2010..... 47



## Sumário

AGRADECIMENTOS .....	5
RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	9
<b>ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 FEEDBACK ESTRUTURADO .....	15
1.2 CURVAS DE APRENDIZADO.....	18
1.2.1 Modelo matemático de Bush e Mosteller .....	18
1.3 ANESTESIA REGIONAL COM AUXÍLIO DE ULTRASSONOGRRAFIA .....	19
1.4 HABILIDADES BÁSICAS EM BLOQUEIOS REGIONAIS COM ULTRASSOM.....	20
1.5 ENSINO DE HABILIDADES TÉCNICAS EM ANESTESIOLOGIA .....	22
1.5.1 Simuladores .....	22
1.6 JUSTIFICATIVA. ....	24
1.7 HIPÓTESE .....	24
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 DESENHO.....	27
3.2 PARTICIPANTES.....	27
3.2.1 Dados demográficos .....	27
3.2.2 Local e período do estudo .....	27
3.2.3 Critérios de inclusão .....	27
3.2.4 Critérios de exclusão.....	27
3.2.5 Termo de consentimento.....	27
3.3 RANDOMIZAÇÃO.....	27
3.4 DESCRIÇÃO DA LISTA DE VERIFICAÇÃO.....	27
3.5 DESCRIÇÃO DE FEEDBACK ESTRUTURADO .....	28
3.6 DESCRIÇÃO DO MODELO .....	29
3.7 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO .....	29
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	31
3.8.1 Cálculo do tamanho amostral.....	31
3.8.2 Análise dos dados .....	31
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 DADOS DEMOGRÁFICOS DA AMOSTRA .....	33

4.2	COMPARAÇÃO DO APRENDIZADO ENTRE GRUPOS DURANTE O TREINAMENTO.....	33
4.3	CURVAS DE APRENDIZADO .....	33
4.4	NÚMERO DE ERROS POR TENTATIVA .....	34
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>Erro!</b>
	Indicador não definido.	
	<b>Apêndice 1 – Possíveis feedbacks para experimento 1.....</b>	<b>49</b>
	<b>Apêndice 2 – Possíveis feedbacks para experimento 2.....</b>	<b>50</b>
	<b>Apêndice 3 – Lista de verificação para experimento 1 .....</b>	<b>51</b>
	<b>Apêndice 4 – Lista de verificação para experimento 2 .....</b>	<b>52</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 FEEDBACK ESTRUTURADO

O *feedback* pode ser definido como: “informação específica sobre a comparação entre a desempenho observado do participante e um padrão pré-estabelecido, aplicado com o intuito de melhorar o desempenho do participante” (3). Por meio do *feedback*, o participante reduz a distância entre o desempenho apresentado e o desejado. Sem o *feedback*, no chamado aprendizado por descobrimento, modelo de aprendizado em que o participante discerne a habilidade em treinamentos sem ajuda, podem ocorrer resultados negativos, ao adquirir-se conceitos errados, incorretos e conhecimento desorganizado (4). Ao modelo de ensino no qual ocorre treinamento repetitivo com *feedback* intermitente, quando necessário, denomina-se prática deliberada (5).

Há dois caminhos de *feedback* disponíveis no aprendizado de uma habilidade (6). Primeiramente, o participante compara seu desempenho ao conceito interno sobre como a habilidade deve ser executada (*feedback* interno). Segundo, uma fonte externa lhe informa sobre seu desempenho (*feedback* externo). O *feedback* externo serve ainda para corrigir as falhas técnicas observadas, possível conceito interno errôneo formado pelo participante e para realçar a importância da execução de determinada habilidade, proporcionando maior motivação. Essas duas vias integradas fornecerão o subsídio necessário para o participante aprimorar seu desempenho. Nesse processo, são fatores impulsionadores: a motivação, o conhecimento prévio, o entendimento da importância da habilidade e a proficiência inicial.

Alguns preceitos são importantes para eficácia do *feedback* (7):

- ✓ Iniciar a sessão com a impressão do indivíduo a respeito da tarefa realizada.
- ✓ *Feedback* baseado na observação da tarefa realizada.
- ✓ Reforçar observações corretas.
- ✓ Comunicar objetivos e metas do *feedback*.
- ✓ Confirmar o entendimento do participante.
- ✓ Refletir sobre suas habilidades em apresentar *feedback*.

São características imprescindíveis ao *feedback* (3):

- ✓ Padrão explícito prévio para comparação.
- ✓ Provedor de *feedback* capacitado.
- ✓ Informação altamente específica.
- ✓ Observação direta pelo provedor do *feedback*.
- ✓ Planejamento para reobservação.

São fatores que se relacionam a efetividade do *feedback* (8) :

- ✓ Assertividade, a comunicação deve ser clara e objetiva.
- ✓ Respeito, entender e respeitar a opinião do outro, gera ambiente para *feedback* construtivo.
- ✓ Descritivo, as palavras devem descrever determinado comportamento ou ação e não o julgar.
- ✓ Oportuno, o momento e local para dar o *feedback* devem ser adequados.
- ✓ Específico, é fundamental que o docente indique claramente os comportamentos que o participante está obtendo bom desempenho e aqueles nos quais o participante pode melhorar.

É importante que o *feedback* seja aplicado o mais próximo possível do final da execução da tarefa. Existe o risco de que o *feedback* apresentado constantemente durante a execução do procedimento (*feedback* concorrente) torne o participante dependente de *feedback*, com inibição do aprendizado (9).

O treinamento em simuladores, sem *feedback*, não se associou a melhora das habilidades em colonoscopia de treinandos com diferentes graus de treinamento anteriores à intervenção (10).

Porte e colaboradores (2) compararam a aquisição de habilidades cirúrgicas entre residentes que receberam *feedback* de instrutores ou de computadores. O desempenho dos primeiros foi significativamente melhor em avaliação realizada um mês após o treinamento. O trabalho avaliou participantes em três situações distintas: 1- Com uso de dispositivo de análise de movimento que propicia ao usuário *feedback* relativo a sua destreza e número de movimentos, Imperial College Surgical Assessment Device (ICSAD), 2- Com uso do ICSAD mais informação a respeito do número de movimentos realizados por cirurgião experiente no mesmo procedimento e 3- *Feedback* concedido apenas por instrutor, o qual respondia perguntas e fornecia *feedback* após cada ensaio. Concluiu-se que os participantes que não receberam *feedback* por instrutor apresentaram desempenho igual ao resultado pré-teste, quando avaliados após um mês, enquanto participantes que receberam *feedback* do instrutor mantiveram o aprendizado. Tal fato foi explicando por duas hipóteses: que o participante não conseguiu traduzir a informação recebida em *feedback* relacionado à precisão do movimento executado, ou que o *feedback* fornecido pelo ICSAD apresenta informação apenas sobre uma dimensão da habilidade, ao passo que o cirurgião especialista pode dar uma série de informações que não são avaliadas pelo ICSAD (espaçamento, profundidade), que aumentam o entendimento cognitivo da habilidade, resultando em melhor desempenho e desfecho. Portanto o *feed-*



*back* provida pelo computador dá informação sobre desempenho, mas essa informação é apenas uma parte do que constitui a boa técnica, sendo forma de *feedback* insuficiente, não está associada à retenção de conhecimento quando medida após um mês (2).

Estudo concluiu que seriam necessários 28 ensaios para obtenção de taxa de sucesso de 90%, com *feedback*, em treinamentos de anestesia regional, com ultrassom, em cadáveres (11). O autor notou que participantes que ingressaram mais tarde obtiveram melhor desempenho, o que se atribui a maior proficiência do supervisor em prover *feedback* com o decorrer da pesquisa.

Boose et al. compararam alta e baixa frequência de aplicação de *feedback* no aprendizado de habilidades procedurais (12) e mostraram que participantes que receberam *feedback* em todos os intervalos entre ensaios apresentaram desempenho superior na colocação de sonda nasogástrica ao final do estudo, em relação a indivíduos que receberam *feedback* apenas no primeiro e no último ensaio. Esses autores concluíram que o aumento na frequência de *feedback* associa-se a maior aprendizado desta habilidade.

Estudos com ou sem aplicação de *feedback* apresentaram resultados diversos ao analisar curvas de aprendizado de habilidades em anestesia regional com ultrassom em simuladores. Estudo que avaliou habilidades de agulhamento com ultrassom previu a necessidade de 109 ensaios, sem *feedback*, para a taxa de sucesso de 95%, tendo como instrumento de simulação o músculo bovino (13). Em outra pesquisa (14) concluiu-se que, com o total de seis ensaios, com *feedback*, houve redução de 83% dos erros cometidos. Embora esses trabalhos tenham usado metodologias diferentes, ambos testaram a mesma proficiência: alcançar um alvo com agulha dentro do simulador biológico usando ultrassom, diferindo-se pelo emprego do *feedback*.

O *feedback* estruturado é uma técnica para direcionar o aprendizado. A tarefa a ser realizada é decomposta nas várias etapas relacionadas a sua execução. Forma-se, com isso, uma lista de verificação, ferramenta de avaliação objetiva com respostas binárias sim/não para cada item avaliado. Os vários itens necessários a execução da tarefa constam da lista, que é usada tanto para avaliação como matriz para direcionar a aplicação do *feedback* (15) e padronizá-lo. As listas de verificação são instrumentos poderosos na avaliação de habilidades técnicas (15), embora não sejam instrumentos ideais na avaliação de todos os itens que compõem proficiência em anestesia regional, pois não servem para avaliação de habilidades interpessoais. Listas de verificação podem igualmente ser usadas para avaliação do aprendizado de etapas individuais do

procedimento. Essa forma de aprendizado é conhecida como fracionamento.

## 1.2 CURVAS DE APRENDIZADO

Curvas de aprendizado são gráficos de desempenho versus prática (16), baseiam-se na premissa de que pessoas se tornam melhores em suas tarefas à medida que as repetem. Foram criadas por Wright na indústria de produção aeronáutica para caracterizar aumento de produtividade na manufatura de aviões. Esse autor observou que, à medida que os trabalhadores repetiam suas tarefas diversas vezes, ficavam mais habilidosos e o tempo para execução de suas tarefas se reduzia. Um gráfico de curva de aprendizado mostra o tempo de trabalho por unidade, versus o número de unidades produzidas. Em procedimentos médicos, o objetivo da curva de aprendizado está mais voltado à qualidade dos resultados e não tanto no tempo e esforço para obtê-los (13, 14, 17, 18). Em anestesiologia, estas curvas são usadas para aferição de proficiência na maioria das habilidades práticas com consequente e eventual necessidade de mais treinamento (19, 22). Com elas pode-se estabelecer o número mínimo de casos necessários à proficiência (22). Toda vez que surge nova habilidade a ser assimilada, surge, da mesma forma, nova curva de aprendizado para a habilidade. Cada habilidade possui sua própria curva de aprendizado. Embora participantes assimilem em velocidades distintas, justificando a realização de curvas de aprendizado individuais, curvas de aprendizado de habilidades podem indicar o padrão de aprendizado de cada habilidade e o número médio de treinamento necessário para competência (19), contribuindo, como informação, para elaboração de programas de treinamento.

### 1.2.1 Modelo matemático de Bush e Mosteller

Robert Bush e Frederick Mosteller foram matemáticos que se especializaram em psicologia e trabalharam no campo da psicologia matemática, na linha de pesquisa de modelos matemáticos de aprendizado. Formularam o modelo matemático de aprendizado que leva seus nomes.

O modelo matemático de Bush e Mosteller (23) é uma equação capaz de descrever uma curva de aprendizado e prever o número médio de procedimentos necessários para atingir proficiência em determinada população. Foi formulado em 1951, em estudos sobre o aprendizado de animais e de seres humanos. O modelo de Bush e Mosteller tem sido utilizado para o estudo de curvas de aprendizado em anestesiologia (24). Para sua construção, devem-se estipular as probabilidades de falha e sucessos esperados, aferir-se a média de sucessos nos ensaios iniciais e o número total de ensaios realizados. A partir desse ponto, utilizando-se a fórmula desse modelo matemático (Equação 1), traça-se o gráfico da

curva de aprendizado e estabelece-se o número de ensaios necessários para atingir probabilidade média de sucesso esperada. Dessa forma, o modelo possibilita a previsão da quantidade de treinamento necessária para atingir proficiência. Estudos relacionados ao aprendizado de habilidades básicas em anestesia regional com ultrassom (11, 13), utilizaram esse modelo com o objetivo de prever o número médio de ensaios necessários à proficiência.

### **1.3 ANESTESIA REGIONAL COM AUXÍLIO DE ULTRASSONO- NOGRAFIA**

O aprimoramento tecnológico dos aparelhos de ultrassom, suscitando sua crescente utilização para auxílio na realização de anestesia loco-regional, tornou a execução desse procedimento mais uma habilidade a ser dominada durante a residência médica em anesthesiologia. O aparelho de ultrassom possibilita a identificação da estrutura nervosa escolhida, a identificação de estruturas adjacentes, o acompanhamento da agulha no trajeto até o alvo e a confirmação da deposição do anestésico no local correto.

Aparelhos de ultrassonografia produzem ondas sonoras de alta frequência, a partir de estimulação elétrica, e convertem estímulos sonoros oriundos da reflexão dos sinais emitidos em sinais elétricos (efeito piezoelétrico) que são transformados em imagens. As ondas sonoras produzidas pelo ultrassom se propagam em meio físico e são refletidas, refratadas ou dispersas ao se depararem com dois meios de diferentes impedâncias acústicas (resistência do tecido as ondas do ultrassom), assim, quanto mais próximas forem as impedâncias acústicas entre as estruturas observadas, mais difícil será sua visualização. O ângulo de incidência igualmente se relaciona à qualidade da imagem formada. Quanto mais perpendicular for o ângulo de incidência do raio do ultrassom em relação à estrutura que se quer observar, maior será o retorno da onda ao transdutor e, conseqüentemente, melhor a qualidade da imagem gerada. Ao se reduzir este ângulo, a imagem vai se tornando hipoeecóica podendo, inclusive, se tornar invisível ao monitor de ultrassom (anisotropia). O escaneamento com ultrassom é, portanto um procedimento complexo que necessita de prática repetitiva para ser dominado (25).

Há duas abordagens de escaneamento para acompanhamento da agulha. Na abordagem fora de plano, a agulha atravessa o eixo curto do raio aparecendo como um ponto brilhante no monitor, nessa abordagem, não é possível se identificar a ponta da agulha sendo utilizada em anesthesiologia, principalmente, para punção venosa e arterial. Na abordagem em plano, necessita-se de alinhamento preciso entre o feixe do ultrassom e a agulha. Nessa abordagem, a ponta da agulha é vista durante todo o

procedimento. A coordenação olho/mão, inerente ao procedimento necessita de treinamento repetitivo para seu domínio.

Neste trabalho, considerou-se o escaneamento com ultrassom e as técnicas de agulhamento, como sendo habilidades básicas para anestesia com ultrassom, estando os demais fatores como sono anatomia e aspectos de segurança considerados como aprendizados subsequentes.

Durante a realização de bloqueios nervosos, a utilização do ultrassom oferece a possibilidade de visualização em tempo real de estruturas anatômicas relevantes, avanço da agulha, interação nervo-agulha e deposição do anestésico local. Essas características se associam a redução de complicações, menores doses de anestésico local e maior incidência de sucessos nos bloqueios nervosos, quando comparados à técnica convencional, na qual a localização da estrutura nervosa fundamenta-se em referências anatômicas e neuroestimulação (26).

Artigo comparando a realização de procedimentos com e sem o auxílio de ultrassom em anestésias locorregionais, quanto à toxicidade sistêmica dos anestésicos locais, demonstrou que ocorre menor incidência de toxicidade sistêmica ao utilizar-se esse equipamento para auxílio na execução dos bloqueios nervosos(27).

Em outro trabalho, relacionando a latência e qualidade do bloqueio anestésico realizado com auxílio de ultrassom, (28) concluiu-se que o emprego dessa ferramenta relaciona-se a menor latência e maior qualidade do bloqueio regional. Os mesmos autores deduziram, em estudo posterior (29), que o uso do aparelho de ultrassom, para auxílio das anestésias regionais, reduz da dose de anestésico local necessária, sem prejuízo na qualidade do bloqueio.

#### **1.4 HABILIDADES BÁSICAS EM BLOQUEIOS REGIONAIS COM ULTRASSOM**

A introdução do ultrassom, como auxílio na execução de anestesia regional, demandou novo conjunto de conhecimentos e habilidades a se dominar e, com eles, novos desafios de ensino e aprendizado.

Alguns pré-requisitos (25) são necessários para execução de bloqueios nervosos com utilização do ultrassom:

- 1- Conhecimentos de física e utilização do aparelho de ultrassom;
- 2- Conhecimento amplo e interpretação de sono anatomia que envolve a identificação de estruturas presentes nas imagens;
- 3- Técnicas de agulhamento, que envolve aprender a manipular o transdutor e agulha para direcioná-la ao alvo sob visão direta (coordenação olho/mão).

Sites et cols. (30), citam os principais erros cometidos durante o aprendizado de técnicas de agulhamento, estando a não visualização da ponta da agulha, durante sua introdução, e a instabilidade do transdutor, entre os mais comuns.

As Sociedades Americana e Europeia de Anestesia Regional desenvolveram as recomendações para educação e treinamento em anestesia regional guiada por ultrassom (31). Nelas são listadas 10 tarefas importantes à realização de bloqueios de nervo periférico.

- 1- Visualizar estruturas chave na região, incluindo vasos sanguíneos, músculos, fáscia e osso.
- 2- Identificar os plexos nervosos na imagem em eixo curto.
- 3- Confirmar anatomia normal e reconhecer variações anatómicas.
- 4- Planejar abordagem da agulha que evite trauma tecidual desnecessário.
- 5- Manter técnica asséptica.
- 6- Acompanhar a agulha sob visualização, em tempo real, em sua trajetória ao alvo.
- 7- Considerar técnica de confirmação secundária, como neuroestimulação.
- 8- Quando a ponta da agulha estiver na posição presumida correta, injetar pequeno volume teste. Caso a solução não seja visualizada, presumir ponta da agulha intravascular ou fora do plano do ultrassom.
- 9- Fazer ajustes necessários na agulha se padrão indesejado de deposição do anestésico surgir.
- 10- Manter diretrizes de segurança, incluindo presença de material de ressuscitação, aspiração frequente, monitorização e avaliação das características da injeção.

O aprendizado dessas habilidades ocorre em estágios consecutivos. Fitts e Posner (32) lançaram a teoria dos três estágios de aquisição de habilidades motoras: o estágio cognitivo, que descreve a experiência inicial, em que o aprendiz intelectualiza a tarefa; seu desempenho é errático, e seu procedimento é realizado em etapas distintas, com movimentos lentos, inconsistentes e apresentando muitos erros. O estágio integrativo, no qual o conhecimento é traduzido em comportamento motor apropriado, o participante ainda pensa nos passos do procedimento que está executando, porém, seus movimentos são mais consistentes, encontra-se mais relaxado e seu desempenho está mais estruturado. Com prática e *feedback*, o desempenho vai melhorando até atingir o próximo estágio. No estágio autônomo, o participante executa toda tarefa suave e

continuamente, sem necessidade de pensar nos itens envolvidos na realização da tarefa motora. Seus movimentos estão consistentes e automatizados. Esse pode ser considerado o estágio ideal para o início da prática em pacientes, quando o desempenho é fluido e o participante se torna capaz de perceber os demais aspectos envolvidos na realização do procedimento.

### 1.5 ENSINO DE HABILIDADES TÉCNICAS EM ANESTESIOLOGIA

A especialidade de anestesiologia se caracteriza pela realização de procedimentos invasivos, que requerem o entendimento de anatomia tridimensional e habilidades manuais complexas.

Com o surgimento de novas tecnologias, o número de habilidades e procedimentos que os residentes precisam dominar aumentou (33). Altos custos dos procedimentos vêm impondo constantes pressões para maior eficiência e produtividade no ambiente cirúrgico, a clientela passou a incluir pacientes mais idosos e com mais comorbidades, realizando procedimentos cada vez mais complexos, em uma sociedade com crescente exigência por qualidade.

O modelo de ensino de habilidades técnicas em anestesiologia, baseado na exposição a número mínimo de procedimentos em pacientes reais, vem sofrendo mudanças importantes (6). Expor pacientes à curva de aprendizado dos residentes não é mais opção aceitável de treinamento (4). Essa conjuntura aumenta a demanda por profissionais altamente qualificados, ao mesmo tempo em que restringe as oportunidades de treinamento necessárias à qualificação. Surge, com isso, a necessidade da mudança para um novo paradigma de ensino e avaliação, baseado na certificação da aquisição de competência, com uso de ferramentas educacionais adjuvantes, como os simuladores, de maneira que atenda aos novos requisitos educacionais (34).

Em artigo que descreve a implantação de programa de treinamento, baseado em verificação de competência (35), são relatadas as vantagens deste novo modelo comparadas ao modelo antigo de ensino: o treinamento fora do ambiente cirúrgico, com simuladores, proporcionando maior economia de tempo e financeira, avaliação mais frequente e robusta dos participantes, o que permite a identificação precoce de fraquezas a serem solucionadas e a definição clara e objetiva dos requerimentos educacionais em cada estágio de treinamento, facilitando entendimento e conceituação.

#### 1.5.1 Simuladores

Simulação é termo genérico que se refere à representação artificial de processo do mundo real. Os principais benefícios da utilização de

simuladores para o aprendizado procedimental estão resumidos na literatura: aprendizado focado nas necessidades do participante e não nas do paciente, o participante pode focar no procedimento completo, ou apenas em partes específicas, possibilita a realização do procedimento muitas vezes em sucessão rápida, concentração do tempo necessário para o treinamento que não fica limitado às oportunidades clínicas, oferece ambiente seguro, onde o participante pode aprender com seus erros, sem prejuízo ao paciente, e permite avaliação objetiva do desempenho, podendo ser usado para avaliação formativa e somativa (33).

Em pesquisa sobre o efeito da simulação no treinamento de habilidades, em anestesia regional com ultrassonografia, participantes que praticaram pelo período de uma hora em simuladores apresentaram taxa de sucesso na realização de seus bloqueios na prática clínica de 64%, versus 51% de sucesso no grupo que recebeu apenas ensinamento teórico (36).

Artigo sobre simuladores e novas tecnologias de aprendizado (37) mostrou que essas ferramentas são a solução potencial para a confirmação de aprendizado do grande número de habilidades necessárias à graduação. Esse estudo analisou vários modelos diferentes de simuladores e concluiu que o maior impacto da utilização desses instrumentos no treinamento de habilidades está na capacidade de prover acesso à prática deliberada conforme a demanda.

Em artigo sobre a ética do aprendizado de procedimentos médicos em pacientes que ressalta a importância de tratar o paciente como fim e não como meio, seguindo a teoria kantiana (Immanuel Kant) (38), conclui-se que, apesar da inevitável necessidade da prática em pacientes, seus danos podem ser diminuídos com a realização de parte da curva de aprendizado em simuladores.

Os simuladores oferecem oportunidades de treinamento de forma que indivíduos possam ser avaliados por seu nível de habilidade em lugar do número de procedimentos realizados (39), neste editorial Aggarwal e Darzi relatam que a proficiência, contrariamente à experiência, será o requisito para certificação dentro do novo modelo de ensino.

No conjunto, esses dados assinalam os simuladores como instrumentos de grande relevância no ensinamento de habilidades básicas em anestesia regional, com auxílio de ultrassom. O participante que completa seu treinamento no simulador é conhecido como novato pré-treinado, ele desenvolveu certa automaticidade que facilitará no aprendizado de outras habilidades durante a prática clínica.

## 1.6 JUSTIFICATIVA.

A complexidade inerente à aquisição de habilidades em anestesia regional, com auxílio de ultrassom resulta em longa curva de aprendizado que se associa a muitas complicações durante o trajeto até a proficiência (33, 37). Os riscos de se sujeitar o paciente à curva de aprendizado do residente podem ser minimizados, principalmente quando se dispõe de alternativas como simuladores (6). A forma ideal de ensino dessas habilidades em simuladores ainda não foi estabelecida. Na literatura, há escassez de estudos, neles, não há consenso sobre a potencial utilidade do *feedback* em abreviar as curvas de aprendizado. Esses estudos foram desenhados incluindo-se ou não *feedback* (11, 13, 14, 40), e os estudos comparativos disponíveis apresentam conclusões divergentes, além de serem de difícil interpretação, por possuírem critérios de inclusão pouco rígidos ou definição de competência relacionada ao tempo para execução do procedimento, dificultando a interpretação de seus achados (41, 42).

## 1.7 HIPÓTESE

A hipótese deste trabalho é de que o emprego de *feedback* estruturado, durante o treinamento de habilidades básicas de anestesia regional, com ultrassom, em simuladores, abrevia a curva de aprendizado.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVOS GERAIS

- 1- Avaliar a influência da introdução de *feedback* estruturado sobre as curvas de aprendizado de habilidades práticas em anestesia regional, com ultrassom, em modelos biológicos inanimados, e sobre o número de procedimentos necessários para atingir proficiência nestas habilidades, previstos pelo modelo matemático de Bush e Mosteller.
- 2- Avaliar o efeito da introdução de *feedback* estruturado sobre o número de erros cometidos pelos participantes na realização dos experimentos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Construir curvas de aprendizado para as habilidades:
  - (a) Alinhar a agulha ao feixe de ultrassom, durante sua progressão no modelo biológico.
  - (b) Contatar alvo com agulha, dentro do modelo, mantendo sua visualização no trajeto e depositar líquido em sua proximidade.
- 2- Construir modelos matemáticos de aprendizado procedimental pelo método de Bush & Mosteller, com a finalidade de estimar o número médio de tentativas necessárias para a obtenção de taxa de sucesso mínimo igual a 95% em cada uma das habilidades básicas estudadas.
- 3- Comparar as estimativas obtidas pelo método de Bush & Mosteller entre os participantes que receberam *feedback*, durante o aprendizado, e os que receberam uma intervenção de atenção (controle).
- 4- Comparar o número de erros entre os grupos controle e intervenção nos experimentos 1 e 2.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 DESENHO

Este foi um estudo de intervenção prospectivo randomizado controlado. Os participantes foram divididos em dois grupos, diferenciados entre si pela aplicação ou não de *feedback* estruturado durante a realização das duas tarefas propostas:

- 1- Alinhar a agulha ao raio do ultrassom.
- 2- Alcançar um alvo dentro do modelo inanimado enquanto mantém visualização da agulha no trajeto.

#### 3.2 PARTICIPANTES

##### 3.2.1 Dados demográficos

A população do estudo foi proveniente da grande Florianópolis, sendo analisada considerando-se a idade, o sexo e a escolaridade.

##### 3.2.2 Local e período do estudo

Hospital universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC), no período de maio de 2015 a outubro de 2016.

##### 3.2.3 Critérios de inclusão

Como critérios de inclusão foram considerados estudantes do último ano do curso de medicina, médicos em especialização e especialistas, todos provenientes da grande Florianópolis.

##### 3.2.4 Critérios de exclusão

Experiência prévia com utilização de ultrassom.

##### 3.2.5 Termo de consentimento

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, solicitou-se aos candidatos convidados que aceitaram participar da pesquisa assinar o termo de consentimento livre e esclarecido.

#### 3.3 RANDOMIZAÇÃO

Os participantes foram alocados aos grupos do estudo (controle ou intervenção) conforme randomização gerada por computador, revelada no momento de sua chegada ao treinamento.

O número do envelope (1-52) tornou-se, automaticamente, o número do participante.

#### 3.4 DESCRIÇÃO DA LISTA DE VERIFICAÇÃO

Anteriormente ao início do estudo, construiu-se uma lista de verificação para cada experimento (apêndices 3 e 4), baseada na decomposição das tarefas necessárias à realização de anestesia regional, com auxílio de ultrassom, levando-se em consideração os principais erros cometidos, segundo estudo anterior (30). A lista serviu como referencia para direcionar o ensinamento prévio, verificar os erros cometidos durante a

realização do experimento, assim como para estruturação do *feedback* empregado.

Os itens abreviados na lista de verificação do experimento 1 foram os seguintes: O participante:

- 1- Preparou o material corretamente?
- 2- Segurou o transdutor adequadamente?
- 3- Segurou a agulha adequadamente?
- 4- Demonstrou o lado da tela correspondente ao lado de inserção da agulha?
- 5- Estabilizou o transdutor?
- 6- Olhou para o monitor e não para as mãos?
- 7- Manteve a agulha dentro do feixe do ultrassom?
- 8- Identificou a ponta da agulha?
- 9- Acompanhou a ponta da agulha durante o trajeto?
- 10- Observou o corpo da agulha presente durante o trajeto?
- 11- Manteve ergonomia adequada?

Para o experimento 2 os itens da lista de verificação foram os seguintes: O participante:

- 1- Preparou material corretamente?
- 2- Segurou transdutor adequadamente?
- 3- Segurou agulha adequadamente?
- 4- Demonstrou lado da tela correspondente ao lado de inserção da agulha?
- 5- Estabilizou o transdutor?
- 6- Olhou para o monitor e não para as mãos?
- 7- Manteve a agulha dentro do feixe do ultrassom?
- 8- Identificou a ponta da agulha?
- 9- Acompanhou a ponta da agulha durante o trajeto?
- 10- Observou o corpo da agulha presente durante o trajeto?
- 11- Reconheceu a formação do halo anecóico?
- 12- Manteve ergonomia adequada?

### 3.5 DESCRIÇÃO DE *FEEDBACK* ESTRUTURADO

Um estudo piloto visando treinamento e adequação da aplicação do *feedback* a fim de estabelecer viabilidade, qualidade e reprodutibilidade foi realizado inicialmente. No estudo, dois voluntários, estudantes do último ano de medicina, foram convidados à realização dos experimentos 1 e 2 recebendo *feedback*. Após posterior avaliação do procedimento e das imagens pelos investigadores, e considerados satisfatórios, iniciou-se a fase de coleta de dados.

Durante a realização dos experimentos, os participantes foram atentamente observados na execução de suas tarefas (FACM), enquanto

seus desempenhos foram avaliados por meio de lista de verificação. Após cada ensaio, os participantes do grupo de intervenção informavam suas impressões sobre o procedimento e, em seguida, dava-se *feedback* estruturado conforme o desempenho conferido na lista de verificação. Nesse momento citaram-se os itens realizados corretamente, assim como foram fornecidas instruções de forma construtiva sobre a correta maneira de executar itens executados de maneira inadequada. Possíveis respostas do *feedback* estruturado estão no apêndice 1.

### 3.6 DESCRIÇÃO DO MODELO

A *pars muscularis* do *extensor digitorum longus* da pata traseira bovina foi utilizado como modelo inanimado para simulação (*phantom*). Suas dimensões eram em média 15-20 cm de comprimento, 10-12 cm de largura e 6-10 cm de profundidade. No experimento 1, dispensou-se alvo dentro do modelo. Para o experimento 2, inseriu-se um segmento de tendão do tibial anterior de porco, medindo 10 cm de comprimento, 0,5-1,5cm de largura e 0,5cm de espessura, longitudinalmente, no modelo, a uma profundidade de 1-1,5cm, após tunelização realizada com pinça hemostática.

### 3.7 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO

Os dois grupos receberam o seguinte protocolo preestabelecido: Nos quinze minutos que precederam o início do experimento, foram-lhes dadas instruções relacionadas à tarefa, enfatizando os botões essenciais do aparelho de ultrassom, incluindo os controles de liga/desliga, ganho, profundidade, resolução e armazenamento de imagens, assim como sobre a execução dos itens da lista de verificação referentes ao experimento em questão.

Demonstrou-se a tarefa a ser realizada executando-se três punções antes do início da coleta de dados. Durante o procedimento, o investigador (FACM) encarregou-se de manipular os controles do aparelho de ultrassom, deixando o participante livre para executar sua tarefa. A partir desse ponto, desproveu-se o grupo controle de instrução adicional. Ao grupo de intervenção aplicou-se *feedback* estruturado, baseado no seu desempenho, conforme itens anotados na lista de verificação, ao final de cada ensaio.

A passagem da agulha foi definida como nova punção no modelo. Redirecionamento dentro do modelo, incluindo movimentos de retirada parcial e reintrodução, não foi considerado como nova passagem de agulha. O aparelho de ultrassom utilizado foi o Sono Site (M-Turbo Ultrasound System, Sono Site inc., Bothell, WA, EUA) com transdutor linear multifrequencial de 6 a 13 MHz. Os indivíduos foram instruídos a segurar o transdutor com sua mão não dominante. Pasta eletrolítica foi

aplicada à superfície dos modelos e o transdutor foi orientado perpendicularmente ao eixo longo do modelo, com a agulha inserida paralelamente ao raio do ultrassom (abordagem em plano). Agulha número 22 (Stimuplex, B. Braun, Bethlehem, PA, EUA) foi utilizada em todos os experimentos. Após cada ensaio, moveu-se o transdutor 1 cm adiante da posição prévia. Cada participante fez 26 tentativas consecutivas e as imagens geradas foram gravadas diretamente do aparelho de ultrassom para um computador portátil com o auxílio de um cabo de captura de vídeo, com o programa Corel ScreenCap X8 (Corel Cooperation, Ottawa Canada). No experimento 1, os indivíduos foram instruídos a obter imagem completa da agulha durante sua progressão no modelo. No experimento 2, os indivíduos foram solicitados a identificar e contatar o tendão dentro do modelo, mantendo visualização perfeita da agulha e injetar 3 ml de soro fisiológico, no momento em que julgasse correto o posicionamento da ponta da agulha em relação ao alvo. A formação de halo anecóico ao redor do tendão foi considerada o indicador de posicionamento correto da ponta da agulha.

Dois investigadores, com experiência em ultrassonografia intervencionista, realizaram a revisão das imagens gravadas e pontuaram o desempenho dos participantes segundo os escores de qualidade de imagem (Tabelas 2 e 3). Os escores foram definidos em comum acordo entre os investigadores, previamente à avaliação das imagens, tendo pontuação iniciado em zero, melhor escore, a três, pior avaliação de imagem. Os investigadores desconheciam a que grupo pertencia às imagens analisadas. Após a avaliação individual dos vídeos, foi feito o cálculo do percentual de concordância entre as avaliações. Os vídeos identificados com avaliações discordantes foram revistos independentemente e novas rodadas de atribuição foram realizadas sucessivas vezes até que não houvesse mais mudanças de escores pelos avaliadores. Nesse ponto, novo cálculo do percentual de concordância foi realizado, atingindo percentual de 98% e 100% de concordância para os experimentos 1 e 2, respectivamente, e atribuiu-se a melhor pontuação para os escores que permaneceram discordantes. Para posterior execução da análise estatística, considerou-se somente escore 0 (0-Ideal-Bisel e corpo visíveis durante todo trajeto da agulha) no experimento 1 como sucesso. Para o experimento 2, os escores 0 e 1 (0-Ideal-Bisel e corpo visíveis durante todo o trajeto da agulha, bisel alcança o tendão sem penetrá-lo, e percebe-se a deposição de material líquido em contato com o alvo, e 1-Boa-Bisel visível durante todo o trajeto, perda da visualização da parte proximal do corpo da agulha de forma constante, ou intermitente em qualquer momento durante a progressão, bisel alcança o tendão sem penetrá-

lo e percebe-se a deposição de material líquido em contato com o alvo) foram considerados sucessos.

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada utilizando-se a versão 2010 do Microsoft Excel (Microsoft Corporation. Reymond WA, EUA), e a versão número 18 do SPSS (SPSS, inc.; Chicago IL, EUA). Os cálculos do tamanho do número amostral foram realizados na folha MS Excel (Microsoft Corporation, Bellevue, WA, EUA) e no software G\*Power (Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\* 3: um programa de poder de análise estatístico flexível, para ciências sociais, comportamentais e biomédicas.

#### 3.8.1 Cálculo do tamanho amostral

As estimativas do número de ensaios para o estudo basearam-se no tamanho médio das amostras para detectar mudança significativa no desempenho, usando testes de probabilidade sequencial com os seguintes parâmetros: probabilidade de erro tipo I=0.05 e tipo II=0.2; Taxa de falha aceitável = 15%; Taxa de falha inaceitável = 30% (1, 2).

As comparações intergrupos foram baseadas na diferença mínima detectável das taxas de sucesso correspondentes a 0,8 desvios padrão,  $\alpha = 0,05$  e  $\beta = 0,2$ .

Consequentemente, foram previstos 25 ensaios para permitir alterações significativas nas taxas de sucesso a serem detectadas por testes de razão de probabilidade sequencial e 21 indivíduos foram necessários em cada grupo.

#### 3.8.2 Análise dos dados

Com os resultados obtidos da coleta de dados, foram feitas análises dos pontos de mudança (*change-point*) dos valores das avaliações dos treinamentos. O ponto de mudança é definido neste estudo como o número da tentativa em que o valor da estatística de Kolmogorov–Smirnov, estimada para cada ponto da distribuição cumulativa dos sucessos, de cada sujeito do estudo, excedeu o valor tabular da estatística de Kolmogorov–Smirnov, referente a  $\alpha < 0,01$ . Esse teste assume como hipótese nula a probabilidade constante de sucesso durante o número K de ensaios. Essa probabilidade constante é estimada ao final da sequência de ensaios como a proporção de sucessos em todos os ensaios na sequência (K). A estatística de ponto de mudança ( $D_k$ ) é estimada para cada ensaio k (para  $k = 1$  a  $k-1$ ) e seu valor é comparado à distribuição tabulada da estatística de Kolmogorov–Smirnov. Se a hipótese nula é rejeitada, ocorreu mudança significativa na probabilidade de sucesso e o ponto de mudança é o número do ensaio associado ao maior valor de  $D_k$  (43, 44).

A estatística  $D_k$  foi calculada para os ensaios 1 a 24 de cada participante em ambas as experiências utilizando a seguinte fórmula:

$$D(k) = \left| \frac{K}{(K - S_k)S_k} \left( S_k - \frac{KS_k}{K} \right) \right|$$

Onde  $S_k$  é o número cumulativo de sucessos no ensaio  $k$ .

Os pontos de mudança de cada sequência de ensaio foram estimados comparando o valor de  $D(k)$  ao respectivo valor da distribuição de Kolmogorov-Smirnov com  $\alpha < 0,01$ . Os seguintes parâmetros foram estimados para cada sequência de ensaio:

- 1- Ponto de início de aprendizado = Número do ensaio onde houve de mudança na sequência.
- 2- Ponto de extinção de aprendizado = Número do ensaio após o que não foi encontrado valor significativo de  $D(k)$ .
- 3- Intervalo de aprendizagem = Diferença entre o ponto de extinção e o ponto de início de aprendizado.
- 4- Taxa de sucesso final = número total de ensaios com aprendizado dividido pelo número total de ensaios.

Essas variáveis foram comparadas entre os grupos dentro de cada experimento por testes de Mann-Whitney de amostras independentes. As correlações não paramétricas entre as variáveis foram estimadas pelo coeficiente  $P$  de Spearman e seus respectivos intervalos de confiança de Bootstrap de 95%.

Construíram-se também os gráficos do modelo matemático preditivo de aprendizado de Bush e Mosteller (anexos) para as duas habilidades em cada grupo. Para este estudo, considerou-se como alvo a probabilidade de sucesso esperada de 95%, aceitando como 20% a probabilidade de erro. A aderência dos dados ao modelo de aprendizagem foi testada pelo teste do Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) comparando-se as taxas de sucesso previstas e taxas de sucesso observadas. Os modelos construídos foram utilizados para estimar o número de procedimentos necessários à proficiência.

O número de erros por tentativa entre os grupos controle e *feedback*, nos dois experimentos, foi comparado aplicando-se o teste  $T$  de student.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 DADOS DEMOGRÁFICOS DA AMOSTRA

Os dados sobre alocação e perdas de sujeitos são mostrados na Figura 1. As perdas foram devidas ao não comparecimento dos sujeitos às sessões de treinamento planejadas. As razões principais dos residentes e dos internos foram estágios em lugares distantes ou férias. A distribuição dos sujeitos de acordo com a idade, sexo e nível de treinamento não diferiu entre os grupos de estudo

Finalizou-se com total de 42 e 40 sequencias gravadas dos experimentos 1 e 2, respectivamente. A distribuição dos participantes encontra-se na tabela anexa (tabela 1).

### 4.2 COMPARAÇÃO DO APRENDIZADO ENTRE GRUPOS DURANTE O TREINAMENTO

Em ambas as tarefas, alinhar a agulha ao feixe do ultrassom e alcançar um alvo dentro do modelo biológico inanimado, a análise do ponto de mudança detectou aprendizado desde o início dos treinamentos, independentemente da exposição à intervenção de *feedback*. No entanto, participantes que receberam *feedback* demonstraram sequências maiores de melhora do desempenho e maiores taxas de sucesso ao final do treinamento, quando comparados ao grupo de controle pelo teste de Mann-Whitney de amostras independentes (tabelas 4 e 5). Os valores de P foram considerados significativos se  $p < 0,05$ .

As correlações não paramétricas entre as variáveis foram estimadas pelo coeficiente P de Spearman e seus respectivos intervalos de confiança de Bootstrap de 95% (tabelas 6 e 7). A taxa cumulativa de sucessos apresentou correlação positiva forte com o ponto de extinção e o intervalo de aprendizagem, tanto no experimento 1,  $\rho$  (rho)=0,97 e 0,94, respectivamente, quanto no experimento 2,  $\rho$  (rho)= 0,98 e 0,94 respectivamente, com  $p < 0,05$ .

### 4.3 CURVAS DE APRENDIZADO

As curvas de aprendizado do modelo matemático de Bush e Mosteller dos experimentos 1 e 2 foram desenvolvidas para os grupos controle e intervenção (gráficos 1 e 2). Nelas encontram-se o desempenho dos participantes em percentagens de sucesso em relação ao número da tentativa. Pelo modelo matemático de Bush e Mosteller, previu-se que os participantes do experimento 1 que não receberam *feedback*, necessitariam realizar um total de 61 ensaios para atingir taxa de sucesso de 95% ( $\chi^2$  (24 g.l.) = 4,58;  $p = 1,0$ ), no mesmo experimento, previu-se que indivíduos que receberam *feedback* necessitariam de 35 ensaios para a mesma taxa de sucesso ( $\chi^2$  (24 g.l.) = 4,56;  $p = 1,0$ ), (gráfico 1). O mes-

mo ocorre no experimento 2 onde o total de ensaios necessários para taxa de sucesso de 95%, passa de 65 no grupo de controle ( $\chi^2$  (25 g.l.) = 15,97;  $p = 0,92$ ) para 43 no grupo de intervenção ( $\chi^2$  (25 g.l.) = 5,17;  $p = 1,0$ ), (gráfico 2).

#### **4.4 NÚMERO DE ERROS POR TENTATIVA**

Os indivíduos do grupo 1 cometeram mais erros técnicos por tentativa (média = 0,82; intervalo de confiança de 95% = 0,73-0,90) do que os indivíduos do grupo 2 (média = 0,63; intervalo de confiança de 95% = 0,55-0,72) ( $p < 0,001$ ) na tarefa de alinhamento da agulha ao feixe do ultrassom (experimento 1). No experimento 2, os sujeitos do grupo 1 também cometeram mais erros técnicos por tentativa (média = 1; intervalo de confiança 95% = 0,89-1,10) do que os sujeitos do grupo 2 (média = 0,42; intervalo de confiança de 95% = 0,36 - 0,48) ( $p < 0,001$ ).

## 5 DISCUSSÃO

Este estudo demonstrou que a aplicação de *feedback* estruturado durante treinamento de habilidades de anestesia regional, com ultrassom, em simuladores, associa-se a aprendizado de início mais precoce, mais prolongado e com maiores taxas de sucesso quando analisado pelo ponto de mudança. O grupo de *feedback* apresentou também redução nas curvas de aprendizado pelo modelo de Bush e Mosteller e necessidade de menor número de ensaios para atingir proficiência. Um estudo que mediu a relação entre *feedback* e carga cognitiva demonstrou correlação negativa entre os dois parâmetros (45). Segundo a teoria da carga cognitiva, indivíduos que recebem *feedback* aprendem mais facilmente, pois sua memória de trabalho está voltada ao aprendizado da nova habilidade, em contraste com o aprendizado por descobrimento, em que grande parte da reserva cognitiva está voltada a resolução de desafios encontrados na solução do problema, dificultando o aprendizado (4).

Os resultados do presente estudo contrastam com trabalho anterior (41) que comparou participantes que receberam *feedback* executando prática deliberada, em simuladores, com participantes que fizeram seus treinamentos sem acompanhamento, ambos com habilidades avaliadas pelo uso de escores de escala global de avaliação e lista de verificação. Neste estudo, não houve diferença entre os grupos; quanto ao aprendizado, o grupo de *feedback* permaneceu no treinamento por mais tempo, resultando em maior uso de recursos de tempo e pessoal. Possível explicação para essa diferença está nos critérios de exclusão mais rígidos no presente estudo, bem como declaração explícita prévia do que foi considerado proficiência.

Sultan et al. (42), comparando três modelos de aplicação de *feedback* (sem *feedback*, *feedback* com informações sobre o tempo do procedimento e *feedback* sobre o desempenho), em estudo que avaliou o tempo e o número de erros cometidos, concluiu que participantes que receberam *feedback* com informações sobre o desempenho apresentaram menor tempo para aquisição da habilidade e menor número de erros, quando comparados à ausência de *feedback* ou *feedback* sobre o tempo do procedimento.

Barrington et al. (11), analisando curvas de aprendizado de habilidades com ultrassom em simuladores, onde indivíduos realizavam a prática deliberada, demonstrou a necessidade de 28 ensaios para atingir taxa de 90% de sucesso nas tentativas. Esses dados estão em conformidade com o presente estudo, que mostra a necessidade de 43 ensaios para atingir taxa de 95% de sucesso no grupo de intervenção para essa

habilidade. Apesar da diferença no número de ensaios, tal fato se deve ao formato rotundo da curva de aprendizado dessas habilidades, que, ao final, necessita de grande número de tentativas para pequena melhora no desempenho.

Trabalho sobre a curva de aprendizado de habilidades em anestesia regional, com ultrassom, em simulador biológico, sem a utilização de *feedback* (13), demonstrou a necessidade de 37 ensaios para competência na habilidade de alinhar a agulha ao feixe do ultrassom e 109 ensaios, para habilidade de acertar o alvo no modelo, mantendo visualização da agulha no trajeto. Em contraste, no presente estudo, foi prevista a necessidade de 61 e 64 ensaios sem *feedback*, respectivamente. Possível explicação para essa diferença está nos critérios de avaliação dos erros, os quais, neste estudo, foram mais específicos, levando a maior pontuação dos erros nos ensaios iniciais e a maior familiaridade dos participantes com a tecnologia, traduzindo-se em adaptação e aprendizado facilitados no atual estudo.

O menor número de erros por tentativa cometidos pelos indivíduos do grupo de *feedback* foi achado secundário deste estudo, em harmonia com esses achados, Sites et al. (14) demonstraram redução progressiva do número de erros cometidos a cada tentativa, por indivíduos recebendo *feedback*, durante o aprendizado de habilidades com ultrassom, em ambiente de simulação.

Neste estudo, avaliou-se o processo de aquisição do aprendizado ao longo dos treinamentos pela análise do ponto de mudança (*change-point*). Essa metodologia analítica difere de estudos prévios por ser capaz de detectar de forma robusta em que momentos, durante o treinamento, o aprendizado ocorreu de fato e permite a subsequente comparação entre os grupos (43, 44).

Uma limitação deste estudo está na aplicação do *feedback* por apenas 1 orientador, dificultando a generalização do *feedback* oferecido em trabalhos subsequentes. Não foi a intenção deste estudo verificar a retenção de conhecimento pela coleta de dados posterior (três meses), semelhante coleta teria ainda provável viés, uma vez que muitos candidatos teriam, no período, contato com ensinamentos relativos à atividade, inviabilizando os resultados. Este estudo se refere à população local em treinamento, estudos multicêntricos são necessários para confirmar estes achados na população geral. Ainda não existem estudos conclusivos sobre qual o melhor modelo de simulação para aquisição de habilidades práticas em anestesia regional com ultrassom. Estudos comparando os diversos modelos apresentam diferentes vantagens e desvantagens

de cada um (46, 47), estando os modelos mais simples direcionados ao aprendizado de habilidades básicas.

O modelo biológico apresentado neste estudo (músculo bovino com tendão inserido) foi utilizado em trabalhos anteriores, com resultados satisfatórios, para treinamento de habilidades de anestesia regional com ultrassom (11, 13), e apresenta como vantagens o preço, a facilidade de obtenção, boa simulação háptica e impedância de imagem, que é semelhante à imagem real, a possibilidade de injeção no modelo e, como desvantagem, a baixa durabilidade.

Apesar do ambiente de simulação diferir da prática diária, estudos demonstraram a transferência de habilidade de simuladores para clínica (36, 48, 49). Apesar deste trabalho se limitar a comparações em situações de simulação, estudos posteriores poderão fazer uso destes dados para relacionar com transferência de conhecimento para a prática clínica. As habilidades assimiladas no ambiente de simulação são apenas parte do total de competências necessárias para proficiência em anestesia regional com ultrassom, no entanto, ao aprendê-las separadamente o participante, agora um novato pré-treinado, poderá integrá-las, facilitando o aprendizado de outras habilidades mais refinadas em ambiente cirúrgico (34).



## 6 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do *feedback* estruturado sobre o aprendizado de habilidades básicas, em anestesia regional, com ultrassonografia. A hipótese dada foi a de que o *feedback* estruturado reduz as curvas de aprendizado dessas habilidades. Os resultados encontrados suportam a hipótese apresentada. Ao receber *feedback*, o aprendizado inicia-se anteriormente e termina posteriormente, o intervalo de aprendizagem é maior assim como as taxas de sucesso de alinhamento da agulha ao feixe e de ultrassom e alcançar o alvo dentro do modelo biológico inanimado, em comparação aos indivíduos sem *feedback*. As curvas de aprendizado diminuem e, da mesma forma, o número de ensaios necessários para atingir proficiência. Como achado secundário, encontrou-se maior redução no número de erros dos participantes que receberam *feedback*, em relação aos que não receberam.

Frente aos novos rumos educacionais para o ensino de habilidades práticas em anestesiologia baseados na aferição de competência, novas modalidades de ensino e treinamento estão sendo instituídas. Os centros de treinamento precisam se adaptar à nova realidade e, para tanto, informações a respeito dos treinamentos oferecem subsídios relevantes para construção de seus programas. Os achados deste estudo apontam para as potenciais vantagens da aplicação do *feedback* estruturado nos treinamentos dessas habilidades em ambiente de simulação.

## REFERÊNCIAS

1. Bienstock JL, Katz NT, Cox SM, Hueppchen N, Erickson S, Puscheck EE, et al. To the point: medical education reviews--providing feedback. *Am J Obstet Gynecol.* 2007;196(6):508-13.
2. Porte MC, Xeroulis G, Reznick RK, Dubrowski A. Verbal feedback from an expert is more effective than self-accessed feedback about motion efficiency in learning new surgical skills. *Am J Surg.* 2007;193(1):105-10.
3. Van de Ridder JM, Stokking KM, McGaghie WC, ten Cate OT. What is feedback in clinical education? *Med Educ.* 2008;42(2):189-97.
4. Clark KS. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist.* 2006;41(2):75-86.
5. K. Anders Ericsson RTK, and Clemens Tesch-Romer. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review* 1993;100.( 3):363-406.
6. Slater RJ, Castanelli DJ, Barrington MJ. Learning and teaching motor skills in regional anesthesia: a different perspective. *Reg Anesth Pain Med.* 2014;39(3):230-9.
7. Ramani S, Krackov SK. Twelve tips for giving feedback effectively in the clinical environment. *Med Teach.* 2012;34(10):787-91.
8. Zeferino AMBD, Rosangela Curvo Feedback como estratégia de aprendizado no ensino médico. *Revista Brasileira de Educação Médica.* 2007;31(2).
9. David J.Nicol DM. Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education.* 2005.
10. Mahmood T, Darzi A. The learning curve for a colonoscopy simulator in the absence of any feedback: no feedback, no learning. *Surg Endosc.* 2004;18(8):1224-30.
11. Barrington MJ, Wong DM, Slater B, Ivanusic JJ, Ovens M. Ultrasound-guided regional anesthesia: how much practice do novices require before achieving competency in ultrasound needle visualization using a cadaver model. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(3):334-9.
12. Bosse HM, Mohr J, Buss B, Krautter M, Weyrich P, Herzog W, et al. The benefit of repetitive skills training and frequency of expert feedback in the early acquisition of procedural skills. *BMC Med Educ.* 2015;15:22.



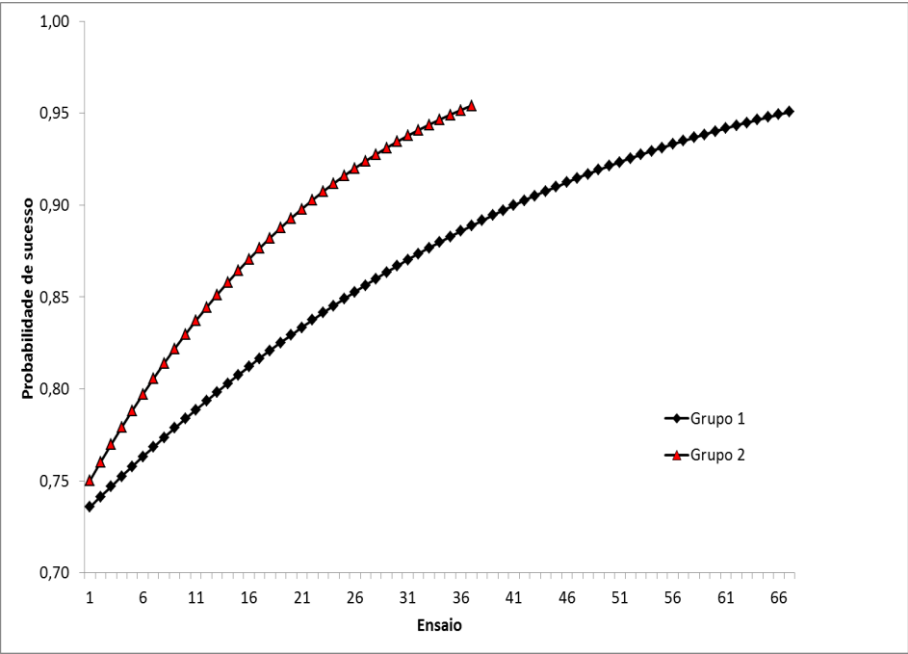
13. de Oliveira Filho GR, Helayel PE, da Conceicao DB, Garzel IS, Pavei P, Ceccon MS. Learning curves and mathematical models for interventional ultrasound basic skills. *Anesth Analg*. 2008;106(2):568-73.
14. Sites BD, Gallagher JD, Cravero J, Lundberg J, Blike G. The learning curve associated with a simulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents. *Reg Anesth Pain Med*. 2004;29(6):544-8.
15. Bould MD, Crabtree NA, Naik VN. Assessment of procedural skills in anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2009;103(4):472-83.
16. Wright TP. Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences*. 1936;3(4):122-8.
17. Margarido CB, Arzola C, Balki M, Carvalho JC. Anesthesiologists' learning curves for ultrasound assessment of the lumbar spine. *Can J Anaesth*. 2010;57(2):120-6.
18. Schuepfer G, Johr M. Generating a learning curve for penile block in neonates, infants and children: an empirical evaluation of technical skills in novice and experienced anaesthetists. *Paediatr Anaesth*. 2004;14(7):574-8.
19. de Oliveira Filho GR . The construction of learning curves for basic skills in anesthetic procedures: an application for the cumulative sum method. *Anesth Analg*. 2002;95(2):411-6.
20. Deacon AJ, Melhuishi NS, Terblanche NC. CUSUM method for construction of trainee spinal ultrasound learning curves following standardised teaching. *Anaesth Intensive Care*. 2014;42(4):480-6.
21. Di Marco P, Scattoni L, Spinoglio A, Luzi M, Canneti A, Pietropaoli P, et al. Learning curves of the Airtraq and the Macintosh laryngoscopes for tracheal intubation by novice laryngoscopists: a clinical study. *Anesth Analg*. 2011;112(1):122-5.
22. Kopacz DJ, Neal JM, Pollock JE. The regional anesthesia "learning curve". What is the minimum number of epidural and spinal blocks to reach consistency? *Reg Anesth*. 1996;21(3):182-90.
23. Bush R, Mosteller F. *Stochastic Models for learning* 1955.
24. Plummer JL, Owen H. Learning endotracheal intubation in a clinical skills learning center: a quantitative study. *Anesth Analg*. 2001;93(3):656-62.
25. Marhofer P, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia: current concepts and future trends. *Anesth Analg*. 2007;104(5):1265-9, tables of contents.
26. Chin KJ, Chan V. Ultrasound-guided peripheral nerve blockade. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2008;21(5):624-31.

27. Barrington MJ, Kluger R. Ultrasound guidance reduces the risk of local anesthetic systemic toxicity following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38(4):289-99.
28. Marhofer P, Schrogendorfer K, Koinig H, Kapral S, Weinstabl C, Mayer N. Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg.* 1997;85(4):854-7.
29. Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T, et al. Ultrasound Guidance Reduces the amount of local anesthetic for 3-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med.* 1998(23):584-8.
30. Sites BD, Spence BC, Gallagher JD, Wiley CW, Bertrand ML, Blike GT. Characterizing novice behavior associated with learning ultrasound-guided peripheral regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32(2):107-15.
31. Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, et al. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy joint committee recommendations for education and training in ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35(2 Suppl):S74-80.
32. Fitts PI PM. Learning and skilled performance. *Human Performance.* 1973;8-25.
33. Castanelli DJ. The rise of simulation in technical skills teaching and the implications for training novices in anaesthesia. *Anaesth Intensive Care.* 2009;37(6):903-10.
34. Ramlogan R, Niazi AU. Education in Regional Anesthesia: The Next Level. *Current Anesthesiology Reports.* 2015;5(2):203-8.
35. Stodel EJ, Wyand A, Crooks S, Moffett S, Chiu M, Hudson CC. Designing and Implementing a Competency-Based Training Program for Anesthesiology Residents at the University of Ottawa. *Anesthesiol Res Pract.* 2015;2015:713038.
36. Niazi AU, Haldipur N, Prasad AG, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia performance in the early learning period: effect of simulation training. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(1):51-4.
37. Issenberg SB, Gordon MS, Gordon DL, Safford RE, Hart IR. Simulation and new learning technologies. *Med Teach.* 2001;23(1):16-23.
38. Le Morvan P, Stock B. Medical learning curves and the Kantian ideal. *J Med Ethics.* 2005;31(9):513-8.
39. Aggarwal R, Darzi A. Technical-skills training in the 21st century. *N Engl J Med.* 2006;355(25):2695-6.

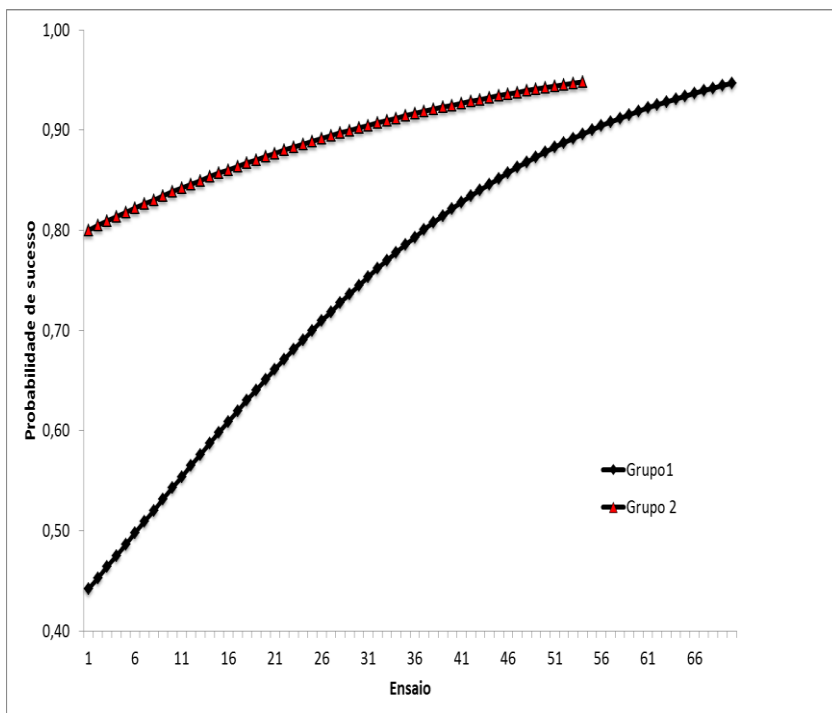
40. Kim SC, Hauser S, Staniek A, Weber S. Learning curve of medical students in ultrasound-guided simulated nerve block. *J Anesth.* 2014;28(1):76-80.
41. Udani AD, Harrison TK, Mariano ER, Derby R, Kan J, Ganaway T, et al. Comparative-Effectiveness of Simulation-Based Deliberate Practice Versus Self-Guided Practice on Resident Anesthesiologists' Acquisition of Ultrasound-Guided Regional Anesthesia Skills. *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41(2):151-7.
42. S.Farjad Sultan GI, G.Shorten. Effect of Feedback Content on Novices' Learning Ultrasound Guided Interventional Procedures. *MINERVA MEDICA.* 2013;79(11).
43. Siegel S CN. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York, McGraw-Hill:. 1988:p 64.
44. Smith AC, Frank LM, Wirth S, Yanike M, Hu D, Kubota Y, et al. Dynamic analysis of learning in behavioral experiments. *J Neurosci.* 2004;24(2):447-61.
45. Moreno R, Valdez A. Cognitive load and learning effects of having students organize pictures and words in multimedia environments: The role of student interactivity and feedback. *Educational Technology Research and Development.* 2005;53(3):35-45.
46. Hocking G, Hebard S, Mitchell CH. A review of the benefits and pitfalls of phantoms in ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36(2):162-70.
47. Friedman Z, Siddiqui N, Katznelson R, Devito I, Bould MD, Naik V. Clinical impact of epidural anesthesia simulation on short- and long-term learning curve: High- versus low-fidelity model training. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(3):229-32.
48. Thomsen AS, Smith P, Subhi Y, Cour M, Tang L, Saleh GM, et al. High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. *Acta Ophthalmol.* 2016;(2):222-9.
49. Naik VN, Matsumoto ED, Houston PL, Hamstra SJ, Yeung RY, Mallon JS, et al. Fiberoptic orotracheal intubation on anesthetized patients: do manipulation skills learned on a simple model transfer into the operating room? *Anesthesiology.* 2001;95(2):343-8.

Anexos

**Gráfico 1 - Curvas de aprendizado segundo modelo matemático de Bush e Mosteller para o experimento 1 grupos 1 e 2 (controle e *feedback*).**



**Gráfico 2 - Curvas de aprendizado segundo modelo matemático de Bush e Mosteller para o experimento 2 grupos 1 e 2 (controle e *feed-back*).**



**Tabela 1 – Dados demográficos.**

<b>Participantes</b>	<b>Experimento 1</b>	<b>Experimento 2</b>
Número (n)	42	40
Idade	28(22-65)	28,2 (22-65)
Masculino	26 (62%)	24 (60%)
Feminino	16 (38%)	16 (40%)
Aluno	27 (64%)	24 60%
Residente	13 (32%)	15 (38%)
Especialista	2 (4%)	1 (2%)

**Tabela 2 – Comparação entre grupos da análise dos parâmetros do ponto de mudança para tarefa de alinhamento da agulha ao feixe de ultrassom.**

	Ponto de mudança (número do ensaio)	Ponto de extinção (número do ensaio)	Intervalo de aprendizagem (número do ensaio)	Taxa de sucesso %
Grupo 1	1 (1; 2)	22 (21; 23.5)	22 (20.5; 23)	80 (66; 90)
Grupo 2	1 (1; 2)	23 (22; 24) <sup>a</sup>	23 (21.75 – 24) <sup>b</sup>	88 (80; 93) <sup>c</sup>

*a: p = 0.03; b: p = 0.05; c: p = 0.024*

**Tabela 3 – Comparação entre grupos da análise dos parâmetros do ponto de mudança para tarefa de acertar o alvo dentro do modelo.**

	Ponto de mudança (número do ensaio)	Ponto de extinção (número do ensaio)	Intervalo de aprendizagem (número do ensaio)	Taxa de sucesso %
Grupo 1	1 (1; 4.25)	20 (18; 23)	19 (14; 23)	64 (51; 84)
Grupo 2	1 (1; 1)	23 (21; 24) a	23 (19.5; 24) b	87 (72; 95) <sup>c</sup>

*a: p = 0.03; b: p = 0.01; p = 0.006*

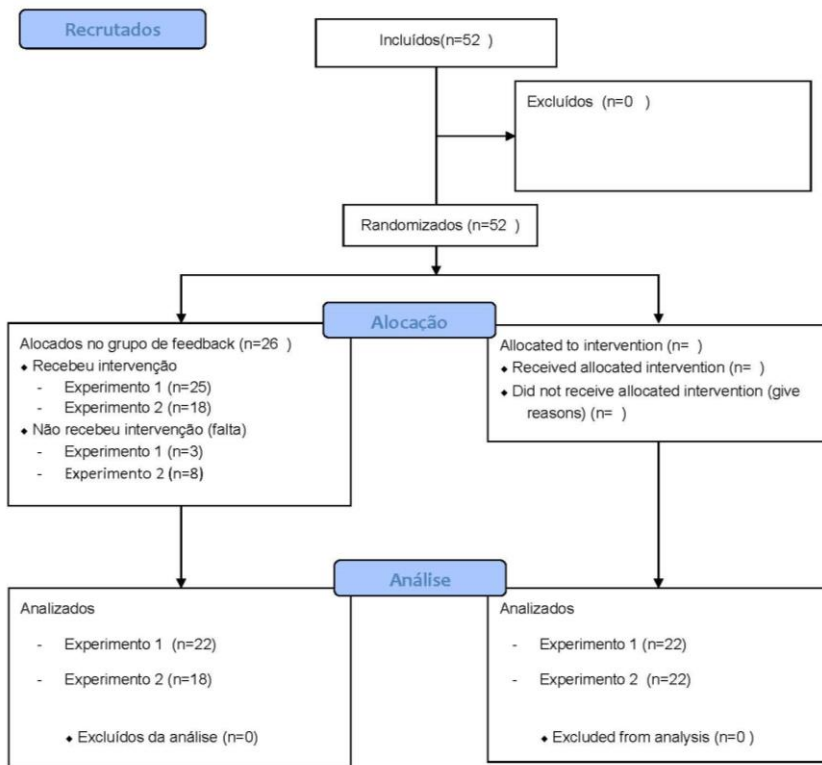
**Quadro 1 – Quadro de escores experimento 1.**

0- Ideal - Bisel e corpo visíveis durante todo o trajeto da agulha
1- Boa - Bisel visível durante todo o trajeto, com perda da visualização da parte distal do corpo em qualquer momento durante a progressão
2- Satisfatória - Bisel visível durante a progressão. Perda da visualização da parte distal do corpo em qualquer momento durante a progressão.
3- Insatisfatória - Progresso sem visualização do bisel, independentemente da visualização do corpo da agulha.

**Quadro 2 – Quadro de escores experimento 2.**

0- Ideal - Bisel e corpo visíveis durante todo o trajeto da agulha, bisel alcança o tendão sem penetrá-lo e percebe-se a deposição de material líquido em contato com o alvo.
1- Boa - Bisel visível durante todo o trajeto, perda da visualização da parte proximal do corpo da agulha, de forma constante ou intermitente em qualquer momento durante a progressão. Bisel alcança o tendão sem penetrá-lo, e percebe-se a deposição de material líquido em contato com o alvo.
2- Satisfatória - Somente bisel visível em qualquer momento durante a progressão. Seguimentos do corpo podem ser visíveis intermitentemente. Bisel alcança o tendão sem penetrá-lo, e percebe-se a deposição de material líquido em contato com o alvo.
3- Insatisfatória - Não visualização do bisel em qualquer momento durante a progressão e ou bisel não alcançando o alvo ou líquido depositado não entrando em contato com o alvo.

## Fluxograma 1 – CONSORT 2010





### EQUAÇÃO 1: Modelo Matemático de Bush e Mosteller.

A probabilidade média de sucesso de um ensaio  $n$  é:

$$V_{1,n} = V_{1,o} / [V_{1,o} + (1 - V_{1,o}) e^{-(\pi_1 - \pi_2)(1 - \alpha_1)n}]$$

Onde  $V_{1,o}$  = a média de sucessos nos ensaios iniciais;

$\pi_1$  = probabilidade de sucesso esperado (95%)

$\pi_2$  = probabilidade de falha esperada (20%)

$\alpha_1$  = o parâmetro de inclinação

$n$  = número do ensaio

O parâmetro  $\alpha_1$  é calculado pela fórmula:

$$\alpha_1 = 1 - [(\pi_1 - V_{1,o}) / (N\pi_1 - T_1)], \text{ onde}$$

$N$  = número de ensaios

$T_1$  = número médio de sucessos em  $N-1$  ensaios

### EQUAÇÃO 2 : Ponto de mudança (*change-point*)

$$D(k) = \left| \frac{K}{(K - S_k)S_k} \left( S_k - \frac{KS_k}{K} \right) \right|$$

Onde:

$K$  é o número do ensaio.

$S_k$  é o número cumulativo de sucessos no ensaio  $k$ .

### **Apêndice 1 – Possíveis feedbacks para experimento 1**

- 1a- Notei que preparei o equipamento adequadamente
- 1b- Notei que o equipamento não foi preparado adequadamente, lembrar de acordo com a aula como preparar o equipamento.
- 2a- Notei que introduzi a agulha corretamente.
- 2b- Notei que a agulha não foi introduzida corretamente, lembrar de acordo com a aula como introduzir a agulha.
- 3a- Notei que posicionei o alvo corretamente no centro da tela do ultrassom.
- 3b- Notei posicionamento inadequado do alvo; lembrar de acordo com a aula o posicionamento correto na tela do ultrassom.
- 4a- Notei que mantive corretamente o olhar na tela do ultrassom.
- 4b- Notei que o olhar não foi mantido na tela do ultrassom; lembrar de acordo com a aula a manter o olhar na tela do ultrassom.
- 5a- Notei que mantive corretamente o transdutor imóvel durante o procedimento.
- 5b- Notei que o transdutor não ficou imóvel durante o procedimento; lembrar conforme a aula, como manter fixo o transdutor.
- 6a- Notei que o local de inserção da agulha estava corretamente no alcance do feixe de ultrassom
- 6b- Notei que a agulha não foi inserida no local correto; lembrar de acordo com a aula local correto de inserção da agulha no feixe de ultrassom
- 7a- Notei que segurei a agulha de maneira correta
- 7b- Notei que a agulha foi segura de maneira incorreta; lembrar conforme a aula, maneira correta de segurar a agulha.
- 8a- Notei que visualizei a agulha durante todo o trajeto.
- 8b- Notei que a agulha não foi visualizada durante todo o trajeto; lembrar de acordo com a aula de manter visualização da agulha durante toda a introdução.
- 9a- Notei que reconheci a localização intramuscular da agulha.
- 9b- Notei que a localização intramuscular da agulha não foi reconhecida, lembrar de acordo com a aula, a forma correta de reconhecer a localização intramuscular da agulha.
- 10a- Notei adequada ergonomia.
- 11b- Notei ergonomia inadequada, lembrar de acordo com a aula melhor ergonomia.

## **Apêndice 2 – Possíveis feedbacks para experimento 2**

- 1a- Notei que preparou o equipamento adequadamente
- 1b- Notei que o equipamento não foi preparado adequadamente, relembrar de acordo com a aula como preparar o equipamento.
- 2a- Notei que introduziu a agulha corretamente.
- 2b- Notei que a agulha não foi introduzida corretamente, relembrar de acordo com a aula como introduzir a agulha.
- 3a- Notei que posicionou o alvo corretamente no centro da tela do ultrassom.
- 3b- Notei posicionamento inadequado do alvo; relembrar de acordo com a aula. posicionamento correto na tela do ultrassom.
- 4a- Notei que manteve corretamente o olhar na tela do ultrassom.
- 4b- Notei que o olhar não foi mantido na tela do ultrassom; relembrar de acordo com a aula a manter o olhar na tela do ultrassom.
- 5a- Notei que manteve corretamente o transdutor imóvel durante o procedimento.
- 5b- Notei que o transdutor não ficou imóvel durante o procedimento; relembrar conforme a aula manter fixo o transdutor.
- 6a- Notei que o local de inserção da agulha estava corretamente no alcance do feixe de ultrassom
- 6b- Notei que a agulha não foi inserida no local correto; relembrar de acordo com aula local correto de inserção da agulha no feixe de ultrassom.
- 7a- Notei que segurou a agulha de maneira correta
- 7b- Notei que a agulha foi segura de maneira incorreta; relembrar conforme aula, maneira correta de segurar agulha.
- 8a- Notei que visualizou a agulha durante todo o trajeto.
- 8b- Notei que a agulha não foi visualizada durante todo trajeto; relembrar de acordo com a aula de manter visualização da agulha durante toda sua introdução.
- 9a- Notei que reconheceu a localização intramuscular da agulha.
- 9b- Notei que a localização intramuscular da agulha não foi reconhecida, relembrar de acordo com a aula, a forma correta de reconhecer a localização intramuscular da agulha.
- 10a- Notei adequada ergonomia.
- 11a- Notei que reconheceu a formação do halo anecóico.
- 11b- Notei que não houve correta formação do halo anecóico, relembrar de acordo com a aula a correta formação do halo anecóico.
- 12a- Notei que houve adequada ergonomia.
- 12b- Notei ergonomia inadequada, relembrar de acordo com a aula melhor ergonomia.

### Apêndice 3 – Lista de verificação para experimento 1

[illegible]

